



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10284768 A**(43) Date of publication of application: **23 . 10 . 98**

(51) Int. Cl

H01L 43/08**G11B 5/39****H01F 10/08**(21) Application number: **09092565**(22) Date of filing: **10 . 04 . 97**(71) Applicant: **ALPS ELECTRIC CO LTD**(72) Inventor:
UMETSU EIJI
HASEGAWA NAOYA
MAKINO TERUHIRO(54) **MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT**

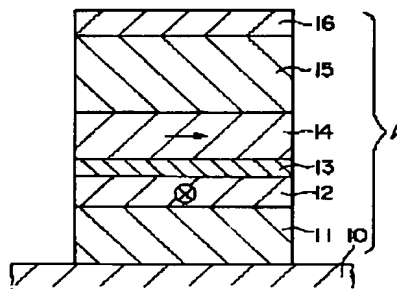
change of high sensitivity is obtained.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the decrease of magnetoresistive effect by forming an auxiliary reversal of magnetization layer which is positioned adjacently to or in the vicinity of a free ferromagnetic layer, supports the reversal of magnetization of the free ferromagnetic layer, and has soft magnetic characteristic.

SOLUTION: A magnetoresistive effect multilayered film A is constituted of a magnetic substrate 10, and the following are laminated thereon in order, a thin film layer 11 for pinning, a pinning ferromagnetic layer 12, a nonmagnetic layer 13, a free ferromagnetic layer 14, an auxiliary reversal of magnetization layer 15 and a protective layer 16. Each of the pinning ferromagnetic layer 12 and the free ferromagnetic layer 14 is composed of a thin film of ferromagnetic material. In practice, when the layer 12 is constituted of Co, the structure wherein the nonmagnetic layer 13 side of the ferromagnetic layer 14 is substituted by a Co layer having a specified thickness is preferable. The auxiliary reversal of magnetization layer 15 is formed adjacent to the layer 14. From the layer 15, magnetic exchange coupling acts on the layer 14, and coercive force of the layer 14 is decreased. Thereby a magnetoresistive effect element exhibiting resistance



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-284768

(43) 公開日 平成10年(1998)10月23日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 43/08

H 0 1 L 43/08

Z

G 1 1 B 5/39

G 1 1 B 5/39

H 0 1 F 10/08

H 0 1 F 10/08

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-92565

(22) 出願日

平成9年(1997)4月10日

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 梅津 英治

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 長谷川 直也

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 牧野 彰宏

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

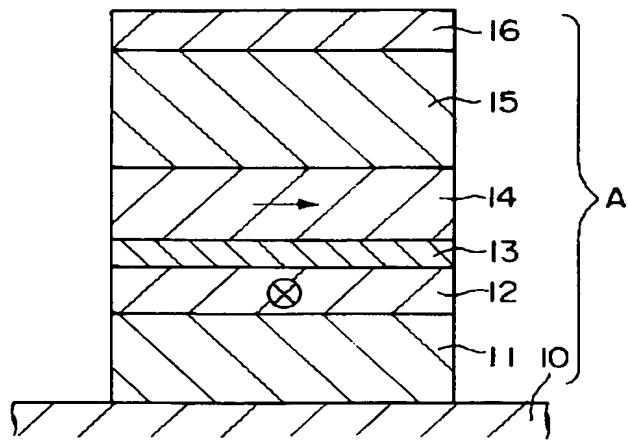
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、補助磁化反転層を設けることでフリー強磁性層の保磁力を低くして磁化反転を容易にすることができ、外部磁場に敏感に反応して磁気抵抗効果を示すとともに、補助磁化反転層を高比抵抗な材料から構成することで補助磁化反転層に分流しようとする電流を抑えて磁気抵抗効果の減少を防止できる磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、磁化反転がピン止めされた少なくとも一層のピン止め強磁性層12と、磁化が外部の磁界に対して自在に反転する少なくとも一層のフリー強磁性層14と、フリー強磁性層14に隣接もしくは近傍に位置してフリー強磁性層14の磁化反転を補助し、軟磁気特性を有する補助磁化反転層15とを有することを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁化反転がピン止めされた少なくとも一層のピン止め強磁性層と、磁化が外部の磁界に対して自在に反転する少なくとも一層のフリー強磁性層と、フリー強磁性層に隣接もしくは近傍に位置してフリー強磁性層の磁化反転を補助し、軟磁気特性を有する補助磁化反転層とを有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記補助磁化反転層が、bccFeを主成分とする微細結晶相と、更に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、W、希土類元素のうちから選択される1種又は2種以上の元素からなる元素MとO（酸素）を含んだ非晶質相とを主体としてなることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記補助磁化反転層が、bccFeを主成分とする微細結晶相と、更に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、W、希土類元素のうちから選択される1種又は2種以上の元素からなる元素M'の炭化物、窒化物を含む結晶相とを主体としてなることを特徴とする請求項1に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記ピン止め強磁性層が交換結合層に隣接して設けられ、ピン止め強磁性層の磁化反転が前記交換結合層による磁氣的交換結合を受けてピン止めされることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記交換結合層が、 α -Fe₂O₃を主体として構成されてなることを特徴とする請求項4に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記交換結合層が、X-Mn合金を主体として構成されてなることを特徴とする請求項4に記載の磁気抵抗効果素子。ただし、組成式X-MnにおいてXは白金族元素から選択される1種又は2種以上の元素を示す。

【請求項7】 前記補助磁化反転層の層厚が50～300Åの範囲とされてなることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記補助磁化反転層の比抵抗が200～ $2 \times 10^6 \mu\Omega \text{ cm}$ の範囲であることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気ヘッド、位置センサ、回転センサ等に適用される磁気抵抗効果素子を構成する磁気抵抗効果素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、磁気抵抗効果型読み取りヘッド（MRヘッド）として、異方性磁気抵抗効果現象を用いたAMR（Anisotropic Magnetoresistance）ヘッドと、伝導電子のスピン依存散乱現象を用いたGMR（Giant Magnetoresistance：巨大磁気抵抗効果）ヘッドとが知られており、GMRヘッドの1つの具体例として、

低外部磁界で高磁気抵抗効果を示すスピバルブ（Spin-Valve）ヘッドが米国特許第5159513号明細書に示されている。

【0003】図8は従来知られているスピバルブ構造の一例を示すもので、この例の構造は、フリー強磁性層1と非磁性中間層2とピン止め強磁性層3と反強磁性層4を基板上に積層し、この積層体の両側に積層体を挟むようにCo-Pt等からなる磁石層5、5を設け、その上に電極層6、6を設けて構成されている。また、図8に示す従来構造においてピン止め強磁性層3の磁化方向を図8のZ方向に固定させるためには、比較的大きなバイアス磁界が必要であり、このバイアス磁界は大きければ大きいほど良いことになる。図8のZ方向の反磁界に打ち勝ち、磁気媒体からの磁束により磁化方向が揺れないためには、少なくとも100 Oeのバイアス磁界が必要である。このバイアス磁界を得るために図8に示す従来構造にあつては、ピン止め強磁性層3に交換結合層4を接触させて設けることにより生じる交換異方性磁界を利用している。

【0004】図8に示す構造であると、フリー強磁性層1には磁石層5、5によって膜面に対して平行（図4のX方向：トラック方向）の縦バイアスを印加し単磁区化した状態でトラック方向に磁化を向けさせるとともに、ピン止め強磁性層3の磁化方向を図8中のZ方向、即ち、フリー強磁性層1の磁化方向と直交する方向にバイアスを印加して単磁区化した状態で図中Z方向に向けさせておく必要がある。前記の縦バイアス印加の目的はフリー強磁性層1が多数の磁区を形成することによって生じるパルクハウゼンノイズを抑制すること、即ち、磁気媒体からこの磁束に対してノイズの少ないスムーズな抵抗変化にするためである。また、磁気媒体からの磁束

（図8のZ方向）により、前記ピン止め強磁性層3の磁化方向は変化してはならず、フリー強磁性層1の方向がピン止め強磁性層3の磁化方向に対して $90 \pm \theta^\circ$ の範囲で変化することにより磁気抵抗効果の線形応答性が得られる。以上のように、スピバルブヘッドの際のピン止め強磁性層のバイアス、フリー強磁性層の縦バイアスに反強磁性層との接触界面で生じる交換異方性磁界を利用することにより、線形応答性が良く、パルクハウゼンノイズを抑制した磁気抵抗効果型ヘッドが実現される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記交換異方性磁界は、強磁性層と交換結合層の接触界面における双方の磁気モーメント間の交換相互作用に起因する現象であり、強磁性層、例えば、NiFe層との交換異方性磁界を生じる反強磁性層としては、FeMn層が良く知られている。しかしながら、FeMn層は、耐食性が著しく悪く、磁気ヘッドの製造工程および磁気ヘッド作動中に腐食が進行し、交換異方性磁界が大きく劣化してしまう問題がある。また、磁気ヘッド作動中のFeMn層

近傍の温度は、定常検出電流による発熱で120℃程度まで容易に上昇することが知られているが、FeMn層による交換異方性磁界は温度変化に対して極めて敏感であって、約150℃の温度で消失（ブロッキング温度：T_b）するまで、温度に対してほぼ直線的に交換異方性磁界が減少してしまうために、安定した交換異方性磁界が得られない問題がある。

【0006】そこで本願発明者らは先に、平成7年4月3日付けで特許出願を行った特願平7-78022号明細書において、巨大磁気抵抗効果を得ることができる上に、前述のFeMnよりも耐食性と温度特性に優れたものであり、隣接する強磁性層の保磁力を増大させることで磁化の回転のピン止めを行うことができる機構を利用した磁気抵抗効果素子として、 α -Fe₂O₃の保磁力増大層を設けた構造の磁気抵抗効果素子を特許出願している。この特許出願によれば、非磁性層を介して積層される2つの強磁性層の一方に α -Fe₂O₃の保磁力増大層を隣接配置してその強磁性層の磁化の回転をピン止めしてピン止め強磁性層とし、他方の強磁性層の磁化の回転を自由にしてフリー磁性層として構成し、外部磁界の印加によりフリー強磁性層の磁化の回転を行わせるようにして抵抗変化が起こるようにした構造である。なお、 α -Fe₂O₃のブロッキング温度はFeMnに比べて遥かに高い温度であるので、前記構造の磁気抵抗効果素子は温度変化によって磁気特性が劣化し難い利点を有し、 α -Fe₂O₃はそれ自体が酸化物であるので耐食性の面では全く問題がないという特徴を有している。

【0007】ところで、前述のFeMnを用いたスピナル構造の磁気抵抗効果素子、あるいは、 α -Fe₂O₃の保磁力増大層を設けた磁気抵抗効果素子にあっては、非磁性層2を挟んで設けられるフリー強磁性層1とピン止め強磁性層3のうち、フリー強磁性層1の磁化の向きは、外部磁場に応じて敏感に反応して回転する必要があるため、フリー強磁性層1の保磁力は小さい方が好ましく、逆に、ピン止め強磁性層3の磁化の向きは外部磁場によって動いてはならない。ところが、フリー強磁性層1とピン止め強磁性層3を非磁性層2を介して積層した構造であると、ピン止め強磁性層3の生成させる磁場の影響によってフリー強磁性層1の保磁力が材料本来の値よりも上昇してしまい、フリー強磁性層1の磁化の円滑な回転がなされにくくなり、磁気抵抗効果素子としてのR-Hカーブの特性が劣化するおそれがあった。

【0008】本発明は前記事情に鑑みてなされたもので、補助磁化反転層を設けることでフリー強磁性層の保磁力を低くして磁化反転を容易にすることができ、外部磁場に敏感に反応して磁気抵抗効果を示すとともに、補助磁化反転層を高比抵抗な材料から構成することで補助磁化反転層に分流しようとする電流を抑えて磁気抵抗効果の減少を防止できる磁気抵抗効果素子を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は前記課題を解決するために、磁化反転がピン止めされた少なくとも一層のピン止め強磁性層と、磁化が外部の磁界に対して自在に反転する少なくとも一層のフリー強磁性層と、フリー強磁性層に隣接もしくは近傍に位置してフリー強磁性層の磁化反転を補助し、軟磁気特性を有する補助磁化反転層とを有することを特徴とする。本発明において前記補助磁化反転層として、bccFeを主成分とする微細結晶相と、更に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、W、希土類元素のうちから選択される1種又は2種以上の元素からなる元素MとO（酸素）を含んだ非晶質相とを主体としてなるものが好ましい。本発明において前記補助磁化反転層として、bccFeを主成分とする微細結晶相と、更に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、W、希土類元素のうちから選択される1種又は2種以上の元素からなる元素M'の炭化物、窒化物を含む結晶相とを主体としてなるものが好ましい。

【0010】更に本発明において、前記ピン止め強磁性層を交換結合層に隣接して設け、ピン止め強磁性層の磁化反転を前記交換結合層による磁氣的交換結合を受けてピン止めしてなる構造とすることができる。更に、前記交換結合層を α -Fe₂O₃を主体として構成しても良く、前記交換結合層をX-Mn合金を主体として構成しても良い。ただし、組成式X-MnにおいてXは白金族元素から選択される1種又は2種以上の元素を示す。

【0011】次に、前記の各構造の補助磁化反転層の層厚は50～300Åの範囲、前記各構造の補助磁化反転層の比抵抗は200～2×10⁵μΩcmの範囲とすることが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して本発明の一形態について説明する。図1は本発明に係る磁気抵抗効果素子に設けられる磁気抵抗効果多層膜の一形態を示すものであり、この形態の磁気抵抗効果多層膜Aは、非磁性体の基板10とその上に順次積層されたピン止め用薄膜層11とピン止め強磁性層12と非磁性層13とフリー強磁性層14と補助磁化反転層15と保護層16とを主体として構成されている。なお、図1においては、図8に示すような構造で使用される電極層と磁石層は省略して記載したが、縦バイアスを印加することでバルクハウゼンノイズを無くしてスムーズな抵抗変化にするためには、図1の構造を図8の構造に適用することが好ましいのは勿論である。

【0013】前記基板10は、ガラス、Si、Al₂O₃、TiC、SiC、Al₂O₃とTiCとの焼結体、フェライトなどに代表される非磁性材料から構成されている。なお、基板10の上面には、基板上面の凹凸やうねりを除去する目的であるいはその上に積層される層の結晶整合性を良好にするなどの目的で被覆層やバッファ

層が適宜設けられていても良い。交換結合層11は、その上に形成されるピン止め強磁性層12に磁氣的交換結合力を作用させてピン止め強磁性層12の保磁力を増大させるものであり、この交換結合層11は、反強磁性体、特に酸化物反強磁性体から構成されることが好ましく、1つの具体例としては、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ から形成される。なお、この交換結合層11として、硬質磁性材料を用いることもでき、具体的にはCo-Pt合金等から構成することもできる。

【0014】なお、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ からなる交換結合層11であるならば、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 自体のモーリン点が高く、ブロッキング温度が高いので、線形応答性に優れた上で温度変化に強く、バルクハウゼンノイズを確実に抑制できる磁気抵抗効果多層膜を提供できる。また、交換結合層11をX-Mn（ただしXは、Pt、Pd、Ir、Ru、Rh等の白金族元素のうちの1種または2種以上を示す。）系合金薄膜から構成することもできる。

【0015】前記ピン止め強磁性層12、フリー強磁性層14は、いずれも強磁性体の薄膜からなるが、具体的にはNiFe合金、NiCo合金、Co、NiFeCo合金などからなる。また、フリー強磁性層14をNiFe合金層から、ピン止め強磁性層12をNiFe合金層から、あるいは、フリー強磁性層14をCo層とNiFe合金層の積層構造、CoFe合金層とNiFe合金層の積層構造から構成することもできる。なお、フリー強磁性層14を積層構造とする場合、図2に示す構造の如く非磁性層13側に薄いCo層あるいはCoFe合金（ $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ ）層などの金属層17を配置した磁気抵抗効果多層膜Bとすることが好ましい。

【0016】これは、非磁性層13を強磁性層12、14で挟む構造の巨大磁気抵抗効果発生機構にあっては、強磁性層12、14を同種の材料から構成する方が、異種の材料から構成するよりも、伝導電子のスピン依存錯乱以外の因子が生じる可能性が低く、より高い磁気抵抗効果を得られることに起因している。このようなことから、ピン止め強磁性層12をCoから構成した場合は、強磁性層14の非磁性層13側を所定の厚さでCo層に置換した図2に示す構造が好ましい。また、Co層を特に区別して設けなくとも、フリー強磁性層14の非磁性層13側にCoを多く含ませた合金状態とし、補助磁化反転層15側に向かうにつれて徐々にCo濃度が薄くなるような濃度勾配層としても良い。

【0017】前記非磁性層13は、Cu、Cr、Au、Agなどに代表される非磁性体からなり、20～40Åの厚さに形成されている。ここで非磁性膜13の厚さが20Åより薄いと、ピン止め強磁性層12とフリー強磁性層14との間で磁氣的結合が起こりやすくなる。また、非磁性材料膜13が40Åより厚いと磁気抵抗効果を生じる要因である非磁性層13と強磁性層12、14の界面を通過する伝導電子の効率が低下し、即ち、電流

の分流効果により磁気抵抗効果が低減されてしまうので好ましくない。

【0018】前記補助磁化反転層15は、保磁力が小さく、飽和磁化が大きく、透磁率が大きく、比抵抗も大きな軟磁性材料からなり、厚さ100～300Å程度のものが好ましく、より具体的には以下の各組成例に示すものが用いられる。本発明において補助磁化反転層としては、bccFeを主成分とする微細結晶相と、更に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、W、希土類元素のうちから選択される1種又は2種以上の元素からなる元素MとO（酸素）を含んだ非晶質相とを主体とするものを用いることが好ましい。また、前記補助磁化反転層として、bccFeを主成分とする微細結晶相と、更に、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、W、希土類元素のうちから選択される1種又は2種以上の元素からなる元素M'の炭化物、窒化物を含む結晶相とを主体とするものを用いることが好ましい。次に、これらの補助磁化反転層15の具体的な組成例は以下の通りである。

【0019】組成例1

組成式として $\text{Fe}_a\text{M}_b\text{O}_c$ で示され、Mは希土類元素

（周期表の3A族に属するSc、Y、あるいはLa、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luなどのランタノイド）のうち少なくとも一種の元素またはそれらの混合物を表し、組成比a、b、cは、好ましくは原子%で、 $50 \leq a \leq 70$ 、 $5 \leq b \leq 30$ 、 $10 \leq c \leq 30$ 、 $a+b+c=100$ なる関係を満足することを特徴とする軟磁性合金を適用することができる。なお、この組成の軟磁性合金ならば、先に本発明者らが特開平06-316748号明細書で開示した如く比抵抗として $400 \sim 1000 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度の高比抵抗を示すので本願発明の目的達成のために使用することができる。

【0020】組成例2

組成式として $\text{Fe}_d\text{M}'_e\text{O}_f$ で示され、M'は、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Wの群から選ばれた少なくとも一種の元素またはそれらの混合物を表し、組成比d、e、fは好ましくは原子%で、 $45 \leq d \leq 70$ 、 $5 \leq e \leq 30$ 、 $10 \leq f \leq 40$ 、 $d+e+f=100$ なる関係を満足することを特徴とする軟磁性合金を適用することができる。なお、この組成の軟磁性合金ならば、先に本発明者らが特開平06-316748号明細書で開示した如く比抵抗として、 $400 \sim 2.0 \times 10^5 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度の高比抵抗を示すので本願発明の目的達成のために使用することができる。

【0021】組成例3

組成式として、 $\text{T}_{100-a-b-c-d-e-f}\text{X}_a\text{M}'_b\text{Z}_c\text{Q}_d$ で示され、TはFeとCoのいずれか又は両方、XはSiとAlのいずれか又は両方、M'は、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wの金属元素群から

選ばれる少なくとも1種の元素、ZはCとNのいずれか又は両方、QはCr、Re、Ru、Rh、Ni、Pd、Pt、Auの金属元素群から選ばれる少なくとも1種の元素を表わす。また、前記の組成において、下記の組成比(原子%)を満足することが好ましい。 $0 \leq a' \leq 25$ 、 $1 \leq b' \leq 7$ 、 $0.5 \leq c' \leq 10$ 、 $0 \leq d' \leq 10$ この例の組成であるならば、1Tを越える高い飽和磁束密度を示すので本願発明の目的達成のために使用することができる。

【0022】組成例4

組成式として、 $T_{100-e'-f'-b'-c'-d'}-Si_e-Al_r-M'_{e'}-Z_e-Q_d$ で示され、但し、TはFeとCoのいずれか又は両方、M'はTi、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wの金属元素群から選ばれる少なくとも1種の元素、ZはCとNのいずれか又は両方、QはCr、Re、Ru、Rh、Ni、Pd、Pt、Auの金属元素群から選ばれる少なくとも1種の元素を表わす。また、下記の組成比(原子%)を満足することが好ましい。 $8 \leq e' \leq 15$ 、 $0.5 \leq f' \leq 10$ 、 $1 \leq b' \leq 7$ 、 $0.5 \leq c' \leq 10$ 、 $0 \leq d' \leq 10$ 。この例の組成であるならば、1Tを越える高い飽和磁束密度を示すので本願発明の目的達成のために使用することができる。

【0023】組成例5

組成式として、 $(Co_{1-x}T_x)_mM_nQ_xX.Y_z$ で示され、但し、Tは、Fe、Ni、Pd、Mn、Alから選ばれた1種または2種以上の元素であり、Mは、Ti、Zr、Hf、Nb、Ta、Mo、W、Yと希土類元素から選ばれた1種または2種以上の元素であり、QはO、N、C、Bから選ばれた1種または2種以上の元素であり、XはSiもしくはCrのうちの1種または2種の元素、YはAu、Agと白金族の元素のうちの1種または2種以上の元素であり、組成比を示すgは、 $0.05 \leq g \leq 0.5$ 、y、z、w、aはat%で、 $3 \leq y \leq 30$ 、 $7 \leq z \leq 40$ 、 $0 \leq w \leq 20$ 、 $0 \leq s \leq 20$ の関係を満足し、残部は不可避不純物である。

【0024】前記保護層16は、補助磁化反転層15を保護するために設ける層であるが、省略することもできる。また、この保護層16の上に更に絶縁性のオーバーコート層を設けることもできる。この場合に設けるオーバーコート層は、 Al_2O_3 、石英などの絶縁材料から構成することが好ましい。

【0025】図1に示す構造において定常電流は、磁気抵抗効果多層膜Aに与えられる。図1に示す構造であるならば、ピン止め強磁性層12の磁化の向きがピン止めされ、フリー強磁性層14の磁化の方向がトラック幅に相当する領域において自由にされる結果、強磁性層12と14の間に保磁力差が生じ、これに起因して巨大磁気抵抗効果が得られる。即ち、磁化の回転が自由にされたフリー強磁性層14に、磁気記録媒体からの漏れ磁界などのような外部磁界が作用すると、フリー強磁性層14

の磁化の向きが容易に回転するので、回転に伴って磁気抵抗効果多層膜に抵抗変化が生じ、この抵抗変化を測定することで磁気記録媒体の磁気情報を読み取ることができる。

【0026】更に前記の構造においては、フリー強磁性層14上に飽和磁化と比抵抗の大きな保磁力の小さな補助磁化反転層15を設けているので、フリー強磁性層14と補助磁化反転層15を強磁性結合させることができる。また、これによりフリー強磁性層14の保磁力を下げることもできる。また、補助磁化反転層15は、保磁力が小さいので外部磁場に対して感度良く反応し、また、飽和磁化が大きいために補助磁化反転層15に接するフリー強磁性層14の磁化も容易に回転する結果、高い線形形で磁気抵抗効果が発揮される。また、補助磁化反転層15はそれ自身高比抵抗であるので、補助磁化反転層15に流れようとする電流の分流分を少なくできるので、磁気抵抗効果を発揮する非磁性層13と強磁性層12、14の界面部分に流れる電流分を大きくすることができ、磁気抵抗効果の減少分を少なくすることができる。

【0027】なお、Cuの非磁性層13上にNi-Fe合金(パーマロイ)のフリー強磁性層14を直に積層した構造においては、熱処理などにより界面においてCuとNi-Fe合金が元素拡散し易いので、図2に示すようにCoあるいはCoFeの金属層17を設けることで、耐熱性を向上できる。また、Cuの非磁性層を強磁性層でサンドイッチする磁気抵抗効果発生機構においてCoを非磁性層に接した構造が大きな磁気抵抗効果を奏するので、図2に示す構造が好ましいが、図2に示す構造では金属層17がフリー強磁性層14の保磁力を増加させようとするので、フリー強磁性層14上に設けた補助磁化反転層15がフリー強磁性層14の保磁力上昇を抑制するので有効である。従って図2に示す構造ならば、耐熱性に優れ、磁気抵抗効果が大きく、外部磁界に敏感に反応して抵抗が変化する磁気抵抗効果多層膜を得ることができる。

【0028】また、図1に示す構造において交換結合層11を $\alpha-Fe_2O_3$ から構成すると、 $\alpha-Fe_2O_3$ は元々酸化物であり、従来のスピナル構造において用いられているFeMnに比べて耐食性に優れ、しかもネール温度が高いため、温度変動に強い特徴がある。

【0029】次に、図1に示す磁気抵抗効果多層膜Aにおいて基板上に、厚さ1000Åの $\alpha-Fe_2O_3$ の保磁力増大層と厚さ58ÅのNiFe合金のピン止め強磁性層と厚さ22ÅのCuの非磁性層と厚さ87ÅのNiFe合金のフリー強磁性層を積層し、その上に厚さ50Åと100Åと200Åのそれぞれの膜厚のFeHfO膜を形成した構造を想定し、この磁気抵抗効果多層膜の補助磁化反転層に流れる電流の分流分、即ち、センス電流を計算した結果を以下に示す。磁気抵抗効果多層膜全体に電流iを流す場合に、ピン止め強磁性層と非磁性層と

10

20

30

40

50

フリー強磁性層からなるスピンプルブ構造部分の抵抗を R_{sw} 、そこに流れる電流を i_{sw} 、補助磁化反転層の抵抗を R_a 、そこに流れる電流を i_a と仮定し、補助磁化反転層を $Fe-Hf-O$ なる組成の膜（飽和磁化 $I_s = 1.4\text{ T}$ 、比抵抗 $\rho = 380\ \mu\Omega\text{ cm}$ 、保磁力 $H_c = 0.4\text{ Oe}$ 、 100 MHz の透磁率 $\mu' = 1500$ ）を用いると、補助磁化反転層の層厚が 50 \AA の場合、 $i_a = 0.0089\text{ i}$ 、補助磁化反転層の層厚が 100 \AA の場合、 $i_a = 0.0177\text{ i}$ 、補助磁化反転層の層厚が 200 \AA の場合、 $i_a = 0.0348\text{ i}$ 、補助磁化反転層の層厚が 300 \AA の場合、 $i_a = 0.0514\text{ i}$ と計算することができる。

【0030】図3は、図示略の磁気ヘッド等を構成する基板の上に形成されたピン止め用薄膜層31上に、ピン止め強磁性層32と非磁性層33とフリー強磁性層34と補助磁化反転層35と保護層36とが順次積層されて例えば断面台形状の磁気抵抗効果多層膜Cが形成され、磁気抵抗効果多層膜Cの両端部側に、トラック幅TWに相当する間隔を相互の間にあけて磁気抵抗効果多層膜Cをその両側から挟む電極層39、39とフリー強磁性層

の磁化（図3の矢印方向）をX方向に単磁区化する磁石層40、40が設けられている。前記の構造においては、フリー強磁性層34の磁化の向きを図3の矢印a方向に向け、ピン止め強磁性層32の磁化の向きをZ方向に向けることで両者をほぼ 90° で直交させて揃えることができる。

【0031】次に、図3に示す構造の磁気抵抗効果多層膜Cを得るには、例えば Al_2O_3 -TiC（アルチック）などの非磁性のセラミックス基板を高周波マグネ

トロンスパッタ装置あるいはイオンビームスパッタ装置のチャンバ内に設置し、チャンバ内をArガスなどの不活性ガス雰囲気としてから順次必要な層を成膜することにより作成することができる。成膜に必要なターゲットは、例えば $\alpha-Fe_2O_3$ ターゲット、Ni-Fe合金ターゲット、Cuターゲットなどである。

【0032】図3に示す磁気抵抗効果多層膜Aを製造するには、Arガス圧 3 mTorr 以下などの減圧雰囲気中において図1のZ方向に磁界を印加しながら、スパッタにより基板上に $\alpha-Fe_2O_3$ からなるピン止め用薄膜層31を形成し、このピン止め用薄膜層31上に、非磁性層33を挟んで2層の強磁性層32、34を形成し、続いて補助磁化反転層35と保護層36とを順次積層する。続いて、フォトリソグラフィプロセスとイオンミリングによりトラック幅に相当する部分を残して他の部分を除去して磁気抵抗効果多層膜Cとする。磁気抵抗効果多層膜Cを形成したならば積層体の両側を挟むように磁石層40、40と電極層39、39とを形成する。

【0033】次いで、図3の紙面垂直方向に磁界を印加してピン止め用薄膜層31を着磁して磁化の向きを固定することでピン止め強磁性層32の磁化の向きをピン止

めする。以上の処理によってピン止め強磁性層32の磁化の向きとフリー強磁性層34の磁化の向きが 90° 直交した図3に示す構造の磁気抵抗効果型センサを得ることができる。なお、ピン止め用薄膜層31を $Fe-Mn$ 、 $Pt-Mn$ 、 $Ir-Mn$ などの反強磁性体で製造する際には上述のような着磁は不要であり、この場合は交換結合によりピン止め強磁性層32の磁化方向をピン止めする。

【0034】図4（A）（B）は、図1に示す構造の補助磁化反転層として $Fe_{50}Hf_{10}O_{30}$ なる組成の軟磁性膜を用いたM-Hカーブを示す。この補助磁化反転層はSi基板上に Al_2O_3 の保護膜を形成した基板上に厚さ 300 \AA の膜厚に形成したものについて測定した結果を示す。図4（A）は、磁化困難軸方向におけるM-Hカーブを示し、図4（B）は磁化容易軸方向におけるM-Hカーブを示す。この組成の軟磁性膜は、軟磁性膜として優れたM-Hカーブを示している。

【0035】図5（A）は、Si基板/ Al_2O_3 層の基板上に、 $\alpha-Fe_2O_3$ 層（保磁力増大層、厚さ 1000 \AA ）/NiFe層（ピン止め強磁性層、厚さ 58 \AA ）/Cu層（非磁性層、厚さ 22 \AA ）/NiFe層（フリー強磁性層、厚さ 87 \AA ）/ $Fe_{50}Hf_{10}O_{30}$ （補助磁化反転層、厚さ 300 \AA ）の積層構造とした試料のフリー強磁性層のR-Hカーブを示し、図5（B）は前記の積層構造において補助磁化反転層を省略した構造のフリー強磁性層のR-Hカーブを示す。

【0036】図6（A）は、Si基板/ Al_2O_3 層の基板上に、 $\alpha-Fe_2O_3$ 層（ 1000 \AA ）/NiFe層（ 48 \AA ）/Co層（ 10 \AA ）/Cu層（ 22 \AA ）/Co層（ 10 \AA ）/NiFe層（ 77 \AA ）/ $Fe_{50}Hf_{10}O_{30}$ 層（ 300 \AA ）の積層構造とした試料のフリー強磁性層のR-Hカーブを示し、図6（B）は前記の積層構造において補助磁化反転層を省略した構造のフリー強磁性層のR-Hカーブを示す。

【0037】図7（A）は、Si基板/ Al_2O_3 層の基板上に、 $\alpha-Fe_2O_3$ 層（ 1000 \AA ）/NiFe層（ 48 \AA ）/CoFe層（ 10 \AA ）/Cu層（ 22 \AA ）/CoFe層（ 10 \AA ）/NiFe層（ 77 \AA ）/ $Fe_{50}Hf_{10}O_{30}$ 層（ 300 \AA ）の積層構造とした試料のフリー強磁性層のR-Hカーブを示し、図7（B）は前記の積層構造において補助磁化反転層を省略した構造のフリー強磁性層のR-Hカーブを示す。図5と図6と図7に示す結果から、いずれの積層構造の試料であっても補助磁化反転層を設けた試料の方がフリー強磁性層の保磁力が小さいことが明らかである。従って、補助磁化反転層を設けた磁気抵抗効果多層膜においては小さな外部磁場で磁化反転を容易にすることができ、外部磁場に敏感に反応できる。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、フリー強

磁性層に補助磁化反転層を近接させて設け、補助磁化反転層からフリー強磁性層に磁氣的交換結合を作用させてフリー強磁性層の保磁力を低くすることで、感度の良い抵抗変化を示す磁気抵抗効果素子を得ることができる。従って前記構造の磁気抵抗効果多層膜を磁気ヘッドに用いるならば、磁気記録媒体からの微小な磁界に線形応答して抵抗変化を起こし、これにより検出感度良く磁気情報の読出を行い得る磁気ヘッドを提供することができる。

【0039】また、補助磁化反転層として高比抵抗のものを用いるならば、補助磁化反転層への電流の分流を抑えることができ、非磁性層とピン止め強磁性層の界面あるいは非磁性層とフリー強磁性層との界面に流れる電流を確保でき、これらの界面に流れる伝導電子の減少を抑制できるので、磁気抵抗効果の減少を防ぐことができる。更に、交換結合層として $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ を用いるならば、 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ は元々酸化物であり、従来のスピナバル構造において用いられている FeMn に比べて耐食性に優れ、しかもネール温度が高いので、温度変動に強い特徴がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る磁気抵抗効果多層膜の第1の形態を示す断面図。

【図2】 本発明に係る磁気抵抗効果多層膜の第2の形態を示す断面図。

【図3】 本発明に係る磁気抵抗効果多層膜の第3の形態を示す断面図。

【図4】 Al_2O_3 層を被覆したSi基板上に設けたF *

* $\text{e}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層なる軟磁性層試料のM-Hカーブを示す図。

【図5】 Si基板/ Al_2O_3 層/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 層/NiFe層/Cu層/NiFe層/ $\text{Fe}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層なる積層構造と、該積層構造から $\text{Fe}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層を省略した構造のそれぞれの磁気抵抗効果多層膜のフリー強磁性層のM-Hカーブを示す図。

【図6】 Si基板/ Al_2O_3 層/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 層/NiFe層/Co層/Cu層/Co層/NiFe層/ $\text{Fe}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層なる積層構造と、該積層構造から $\text{Fe}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層を省略した構造のそれぞれの磁気抵抗効果多層膜のフリー強磁性層のM-Hカーブを示す図。

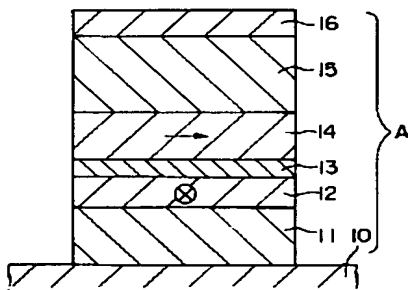
【図7】 Si基板/ Al_2O_3 層/ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 層/NiFe層/CoFe層/Cu層/CoFe層/NiFe層/ $\text{Fe}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層なる積層構造と、該積層構造から $\text{Fe}_{60}\text{Hf}_{10}\text{O}_{30}$ 層を省略した構造のそれぞれの磁気抵抗効果多層膜のフリー強磁性層のM-Hカーブを示す図。

【図8】 従来の磁気抵抗効果型センサの第1の例を示す断面図。

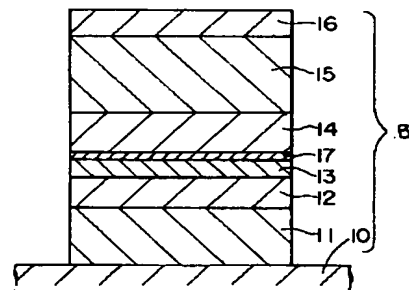
【符号の説明】

A、B、C	磁気抵抗効果多層膜
10	基板
11、31	ピン止め用薄膜層
12、32	ピン止め強磁性層
13、33	非磁性層
14、34	フリー強磁性層
15、35	補助磁化反転層

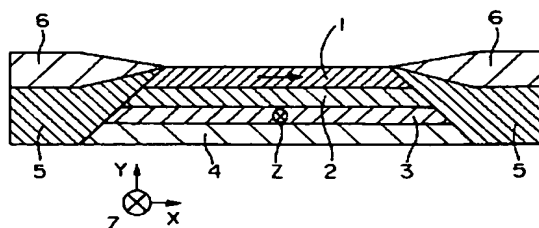
【図1】



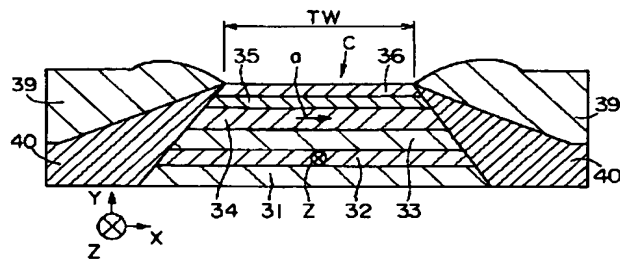
【図2】



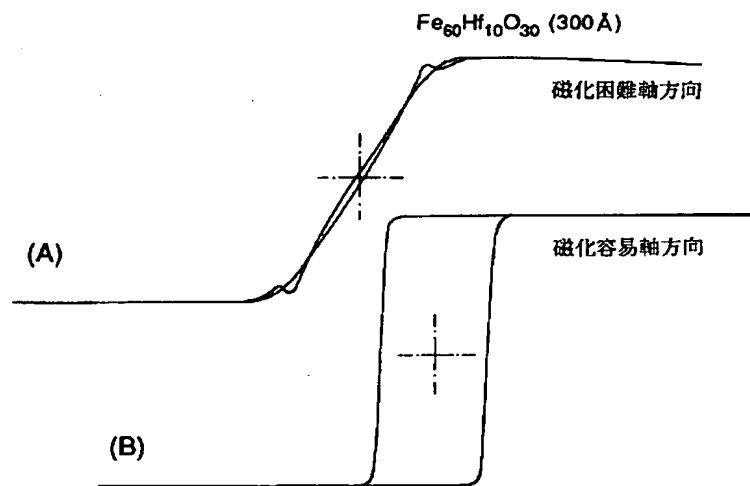
【図8】



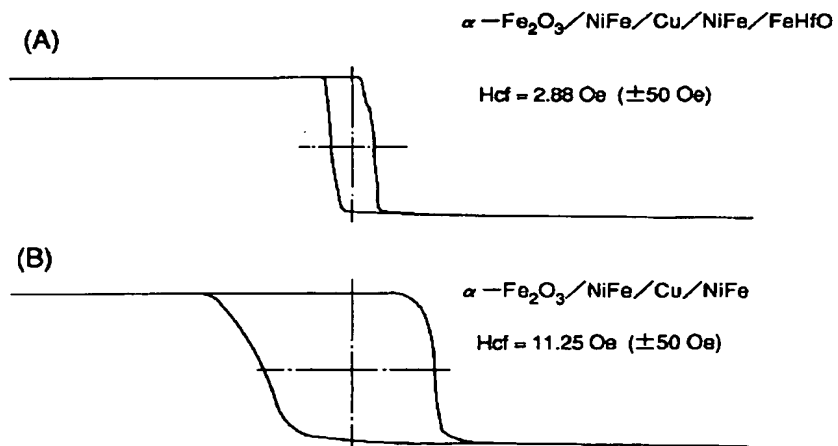
【図 3】



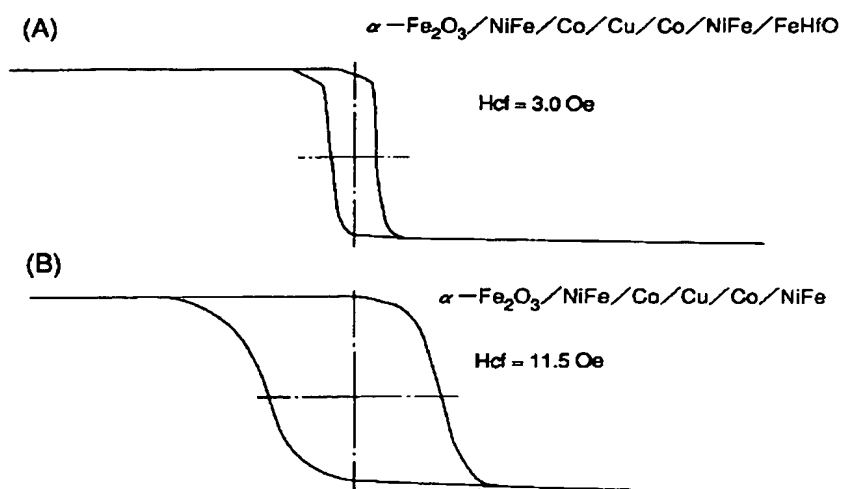
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

